

① BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND

**Patentschrift**  
**DE 34 22 490 C 2**

Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**G 01 C 17/38**



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(21)	Aktenzeichen:	P 34 22 490.4-52
(22)	Anmeldetag:	16. 6. 84
(43)	Offenlegungstag:	19. 12. 85
(46)	Veröffentlichungstag der Patenterteilung:	4. 3. 93

DE 34 22 490 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:

Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:

Alberter, Günther, 8500 Nürnberg, DE; Hettich, Gerhard, 8501 Roßtal, DE; Bauer, Harald, 8500 Nürnberg, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE	27 54 888 C2
GB	21 30 729 A
GB	20 42 181 A
US	36 21 584
JP	58-83 210 A

54) Verfahren zur Korrektur eines Winkelfehlers bei der Ermittlung der Fahrtrichtung eines Fahrzeugs, der durch einen Neigungswinkel des Fahrzeugs in dessen Längsachse bezüglich der Horizontalen hervorgerufen wird

**DE 34 22 490 C 2**

## Beschreibung

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Korrektur eines Winkelfehlers bei der Ermittlung der Fahrtrichtung eines Fahrzeugs der durch einen Neigungswinkel des Fahrzeugs in dessen Längsachse bezüglich der Horizontalen hervorgerufen wird, (gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1), wie es aus der US-PS 36 21 584 bekannt ist.

Aus der DE 27 54 888 (2) ist es bekannt, bei einem Navigationsapparat die Fahrtrichtung eines Fahrzeugs mit einem Zwei-Achsen-Magnetometer zu ermitteln, dessen Ausgangssignal zur Kompensation von magnetischen Störfeldern im Fahrzeug einer Korrektureinheit zugeführt werden, durch die eine Nullpunktverschiebung der Ausgangssignale sowie eine proportionale Veränderung eines der Ausgangssignale vorgenommen wird. Bei dieser Lösung geht man davon aus, daß im Fahrzeug ein Störfeld mit einem festen Vektor vorhanden und von einem Erdfeld überlagert ist, welches durch die Karosserie des Fahrzeugs je nach Ausrichtung des Fahrzeugs mehr oder weniger abgeschirmt wird. Da das für die Fahrtrichtung maßgebliche Erdfeld unter dem sogenannten Inklinationswinkel zur Horizontalen schräg von oben auf die Erdoberfläche auftrifft, wird bei der Ermittlung der Fahrtrichtung nur die in der Fahrtrichtung liegende Komponente des Erdfeldes durch das Magnetometer erfaßt, indem die eine Achse des Magnetometers in Fahrtrichtung und die andere quer zur Fahrtrichtung angeordnet ist. Beim fest eingebauten elektronischen Kompaß tritt kein Meßfehler auf, solange das Fahrzeug auf horizontaler Strecke fährt. Bei einer Steigerung oder beim Gefälle tritt jedoch beim Messen der Fahrtrichtung am elektronischen Kompaß ein Winkelfehler auf, der je nach Steigung oder Gefälle und unabhängig von der Fahrtrichtung bis zu 30° betragen kann. Will man diesen Winkelfehler vermeiden, so muß das Magnetometer eine aufwendige und störanfällige kardanische Aufhängung haben, damit die Achsen des Magnetometers auch bei Berg- und Talfahrten in einer horizontalen Ebene liegen. Dort treten jedoch beim Befahren von Kurven, beim Beschleunigen oder Abbremsen des Fahrzeugs Meßfehler auf.

Zur Vermeidung von neigungsbedingten Winkelfehlern bei der Ermittlung der Fahrtrichtung von Fahrzeugen ist es aus der eingangs genannten US-PS 36 21 584 bekannt, mit einem Sensor die Nickbewegungen eines Schiffes in seiner Längsrichtung zu erfassen und dem jeweiligen Neigungswinkel entsprechende elektrische Signale an die Auswerteschaltung des elektronischen Kompasses abzugeben. Der Kompaß ist dort mit einer zur Längsachse des Schiffes ausgerichteten Magnetfeldsonde ausgerüstet, welche jeweils die Erdmagnetfeldkomponente mißt, die in ihrer Längsrichtung wirksam ist. Mit Hilfe von aus nautischen Karten entnehmbaren Werten für die Horizontal- und Vertikalkomponente des Erdmagnetfeldes wird dann in der Auswerteschaltung aus dem Signal der Magnetfeldsonde und den Signalen des Neigungsmessers die Fahrtrichtung des Wasserfahrzeuges ermittelt.

Abgesehen davon, daß dort die Magnetfeldsonde zur Vermeidung von Meßfehlern bei Rollbewegungen des Schiffes sehr aufwendig gelagert werden muß, ist dort trotz Berücksichtigung der Fahrzeugneigung die ermittelte Fahrtrichtung in mehrerer Hinsicht fehlerhaft, da weder das eigene Störfeld des Fahrzeugs noch die Fahrzeugbeschleunigung bzw. Abbremsung bei der Ermittlung der Fahrzeugneigung berücksichtigt wird.

Möglicherweise sind diese Fehlerquellen bei Navigationsfahrten von Schiffen von untergeordneter Bedeutung. Für Navigationseinrichtungen an Fahrzeugen die in einem dichten Straßennetze gefahren werden, führen diese Einflüsse jedoch unweigerlich zu unzumutbaren Fehlanzeigen.

Aus der GB-21 30 729 A ist ein elektronischer Kompaß für ein Fahrzeug bekannt, der zur Messung der Erdmagnetfeldstärke zwei um 90° gedrehte und horizontal angeordnete Magnetsensoren aufweist. Zur Kalibrierung des Kompasses wird das Fahrzeug bei einer Kreisfahrt in der Horizontalen um 360° gedreht und die mit den Magnetsensoren gemessene Magnetfeldstärke in Abhängigkeit vom Drehwinkel gespeichert. Die Meßwerte bilden in der gefahrenen X-/Y-Ebene eine Ortskurve, deren Parameter aus den Extremwerten in X- bzw. Y-Richtung bestimmbar sind. Nach der Kalibrierung des Kompasses wird die momentane Fahrtrichtung des Fahrzeugs dadurch bestimmt, daß die Magnetfeldstärke während der Fahrt gemessen und mit den Werten der Ortskurve die momentane Fahrtrichtung des Fahrzeugs ermittelt wird. Dieser Druckschrift ist weiter entnehmbar, daß mit einem zusätzlichen Magnetsensor die Vertikalkomponente des Erdmagnetfeldes meßbar und damit eine Neigungskorrektur der ermittelten Fahrtrichtung durchführbar ist.

Weiterhin ist aus der GB 20 42 181 A ein Gerät bekannt, mit dem die Positionskoordinaten eines sich bewegenden Fahrzeugs mit Hilfe von Magnetfeldsonden und einem Entfernungsmesser bestimmbar sind. Mit mehreren Magnetfeldsonden und einem Inklinometer zur Messung des Inklinationswinkels des Erdmagnetfeldes wird in einer Auswerteschaltung die Horizontalkomponente des Erdmagnetfeldes errechnet und die Fahrtrichtung des Fahrzeugs bestimmt. Aus der Fahrtrichtung und der zurückgelegten Fahrstrecke sind die Positionskoordinaten für einen beliebigen Punkt bestimmbar.

Aus der JP-A 58-83 210 ist ein Neigungsmeßgerät für Fahrzeuge bekannt, bei dem auch die Fahrzeugbeschleunigung mit berücksichtigt wird. Das Gerät wird dort jedoch nicht zur Korrektur einer Fahrtrichtungsanzeige sondern zur Berechnung der Horizontalkomponente der Fahrzeuggeschwindigkeit verwendet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, auf einfache Weise bei der Ermittlung der Fahrtrichtung von Fahrzeugen, die mit einem elektronischen Kompaß ausgerüstet sind, Winkelfehler der zunächst ermittelten Fahrtrichtung möglichst vollständig zu korrigieren, die von der Neigung des Fahrzeugs in seiner Längsachse abhängig sind.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt bei dem Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 durch die in seinem kennzeichnenden Teil angegebenen Merkmale.

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1 hat den Vorteil, daß die Anzeigegenauigkeit des elektronischen Kompasses neben der Störfeldkorrektur durch die Kompensation bzw. Korrektur des neigungsabhängigen Winkelfehlers der Richtungsanzeige wesentlich verbessert wird. Dabei ist als besonders vorteilhaft anzusehen, daß das Magnetometer ortsfest im Fahrzeug eingebaut werden kann, womit eine kardanische oder pendelnde Aufhängung entfällt.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im Hauptanspruch angegebenen

3

4

Merkmale möglich. Besonders vorteilhaft ist, den Neigungswinkel aus der Erdbeschleunigungskraft und der Hangabtriebskraft eines im Fahrzeug gelagerten Körpers zu ermitteln. Um hierbei Meßfehler durch Beschleunigen oder Abbremsen des Fahrzeuges zu vermeiden, wird ferner vorgeschlagen, daß der Neigungswinkel  $\psi$  des Fahrzeuges in der Auswerteschaltung des elektronischen Kompasses aus der Beziehung  $\sin \psi = (a' - c)/g$  errechnet wird. Dabei ist  $a'$  die gesamte, am Körper in Fahrtrichtung wirksame Beschleunigung,  $c$  die Beschleunigung in Fahrtrichtung und  $g$  die Erdbeschleunigung. Die Beschleunigung des Fahrzeuges in Fahrtrichtung  $c$  wird dabei in vorteilhafter Weise in der Auswerteschaltung aus den Signaländerungen eines Fahrtgeschwindigkeitgebers ermittelt.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines elektronischen Kompasses zur Ermittlung der Fahrtrichtung eines Kraftfahrzeugs mit neigungsabhängiger Winkelkorrektur,

Fig. 2 ein Koordinatensystem mit einem bergauf fahrenden Fahrzeug,

Fig. 3 zeigt ein Fahrzeug mit den vom Magnetometer gemessenen Magnetfeldvektoren,

Fig. 4 zeigt ein Diagramm, das abhängig vom Straßengefälle den Winkelfehler in bezug auf die Fahrtrichtung des Fahrzeuges wiedergibt,

Fig. 5 zeigt die gemessene und die tatsächliche Nordrichtung im Koordinatensystem bezogen auf die Fahrzeuglängsachse,

Fig. 6 eine schematisch dargestellte Meßeinrichtung für den Neigungswinkel des Fahrzeuges und die

Fig. 7 und 8 zeigen Flußdiagramme für die Arbeitsweise des elektronischen Kompasses nach Fig. 1.

In der Figurenbeschreibung und in den Patentansprüchen wird eine skalare Schreibweise sowohl für die Vektoren als auch für deren Beträge verwendet.

In Fig. 1 ist das Blockschaltbild für einen elektronischen Kompaß dargestellt, der zur Navigation in einem Kraftfahrzeug fest eingebaut ist. Der elektronische Kompaß besteht aus einem Sensor 10, einer Auswerteschaltung 11, einer Neigungsmeßeinrichtung 12 und einer Anzeige 13. Der Sensor 10, der beispielsweise mitten unter dem Dach eines Personenzuges (Fig. 3) angebracht ist, enthält ein Magnetometer mit Zeitverschlüsselung. Das Magnetometer ist mit zwei Sonden versehen, die zusammen mit einer Stromversorgung und einer Signalformerstufe für jede der Magnetfeldsonden im Sensor 10 untergebracht ist. Die Auswerteschaltung 11 wird im wesentlichen durch einen Mikrocomputer realisiert, dessen Eingang die Sensorsignale zugeführt werden. Zur besseren Veranschaulichung des Verfahrens zur Korrektur von neigungsabhängigen Winkelfehlern bei der Ermittlung der Fahrtrichtung des Fahrzeuges ist die Auswerteschaltung 11 in eine Speicherstufe 14, eine Rechenstufe 15 für die Berechnung des nicht korrigierten Richtungswinkels  $\phi'$  eine weitere Rechenstufe 16 zur Ermittlung der Fahrzeugneigung in seiner Längsachse, in eine Korrekturstufe 17 zur Ermittlung einer Korrektur- oder Kalibriergröße sowie in eine weitere Rechenstufe 18 zur Winkelkorrektur aufgegliedert dargestellt. Über verschiedene Eingänge der Korrekturstufe 17 kann ein fester Richtungswinkel  $\phi_0$ , ein fester Neigungswinkel  $\psi_0$  oder der Inklinationwinkel  $\alpha$  des Erdfeldes  $H_e$  als Kalibriergröße in die Auswerteschaltung 11 eingegeben werden. Über einen Ausgang ist die Rechenstufe 18 mit der Anzeige 13 verbunden,

auf der neben weiteren Informationen die Fahrtrichtung des Fahrzeuges angezeigt werden kann.

In Fig. 2 ist ein Fahrzeug 19 in einem Koordinatensystem auf einer schiefen Ebene dargestellt. Das Koordinatensystem hat eine horizontale Achse  $x_0$  und eine vertikale Achse  $z_0$ . Die schiefe Ebene bildet mit der horizontalen Achse  $x_0$  einen Neigungswinkel  $\psi$ . Fig. 2 zeigt ferner durch parallele Pfeile angedeutet, die Richtung des im Fahrzeug 19 wirksamen Erdfeldes  $H_e$ . Dieses Erdfeld  $H_e$  bildet zur horizontalen Ebene einen Inklinationwinkel  $\alpha$ , der im Umkreis von mehreren hundert Kilometern praktisch unverändert bleibt. Die Verbindungslinien der Orte auf der Erdoberfläche mit gleichen Inklinationswinkeln nennt man Isoklinen. Sie sind in Lehrbüchern der Navigation in Karten eingetragen (siehe H. Birr, S. Kuschinsky, L. Uhlig "Leitfaden der Navigation - Terrestrische Navigation", Transpress VEB-Verlag für Verkehrswesen Berlin, (1968)).

In Fig. 3 ist das Fahrzeug 19 in der Draufsicht dargestellt. Zur Ermittlung der Fahrtrichtung ist der Sensor 10 mit seiner einen Sonderachse  $x$  zur Fahrzeuglängsachse und mit seiner anderen Sondenachse  $y$  quer zur Längsachse ausgerichtet. Der Sensor 10 mißt dabei die  $X$ - und  $Y$ -Komponenten des an ihm wirksamen Feldvektors  $H$ , der sich aus einem festen Störvektor  $H_s$  und dem Erdfeldvektor  $H_e$  zusammensetzt. Wie gestrichelt angedeutet, beschreibt der am Sensor 10 wirksame Erdfeldvektor  $H_e$  beim Drehen des Fahrzeuges 19 durch eine Abschirmung im Kraftfahrzeug eine elliptische Magnetfeld-Ortskurve  $O$ , da der Vektor des Störfeldes  $H_s$  sowie die Lage und Form der Magnetfeld-Ortskurve  $O$  durch Kalibriermessungen gemäß der GB 21 30 729 A ermittelt und in der Speicherstufe 14 durch konstante Größe abgelegt werden, läßt sich durch den elektronischen Kompaß die Richtung des Erdfeldes  $H_e$  über eine Vektorgleichung ermitteln, indem der Feldvektor  $H$  des Magnetfeldes vom Sensor 10 zyklisch gemessen wird.

In Fig. 4 ist in einem Diagramm für verschiedene Neigungswinkel  $\psi$  der dabei auftretende Winkelfehler  $\Delta\phi$  für die Richtungsanzeige in Abhängigkeit von der Fahrtrichtung mit Bezugsrichtung Nord dargestellt. Wie Fig. 5 zeigt, bildet der Winkel  $\phi$  dabei den Winkel zwischen Fahrzeuglängsachse  $x$  und der Nordrichtung. Aus dem Diagramm (Fig. 4) ist zu entnehmen, daß bei einem Fahrzeug, welches auf horizontaler Ebene fährt, kein Winkelfehler auftritt und daß maximale Winkelfehler bei Steigungen oder Gefällstrecken in Nord-West-Richtungen auftreten. Dabei können bei Gefällstrecken von 10% ( $\psi \approx 6^\circ$ ) bereits Winkelfehler von  $\Delta\phi \approx 13^\circ$  auftreten.

Um einen solchen Winkelfehler  $\Delta\phi$  kompensieren zu können, ist mit der Neigungsmeßeinrichtung 12 zyklisch die Neigung der Fahrzeuglängsachse festzustellen. In einfachster Weise wird dazu ein Lagesensor 20 verwendet, wie er in Fig. 6 schematisch dargestellt ist. Er besteht aus einem im Fahrzeug angeordneten Körper 21, der auf einer festen Unterlage 22 aufliegt und seitlich von zwei Drucksensoren 23, 24 gehalten ist. Die Unterlage 22 befindet sich in der Fahrtebene des Fahrzeuges, während der Drucksensor 23 in Fahrtrichtung gesehen senkrecht dazu hinter dem Körper 21 und der Drucksensor 24 vor dem Körper 21 angeordnet ist. Aus dem in Fig. 2 dargestellten Beschleunigungskräfteparallelogramm, welches am Körper 21 angreift, ergibt sich eine Hangabtriebsbeschleunigung  $a$  die je nach Gefälle oder Steigung vom Drucksensor 23 oder 24 gemessen wird und die bekannte Erdbeschleunigung  $g$ , die in vertikaler

DE 34 22 490 C2

5

Richtung am Körper 21 angreift. Wird das Fahrzeug 19 beschleunigt oder abgebremst, so tritt zusätzlich am Körper 21 noch eine Eigenbeschleunigung bzw. Abbremsung  $\pm c$  auf, die in gleicher oder entgegengesetzter Richtung wie die Hangabtriebsbeschleunigung  $a$  wirkt. Die von den Drucksensoren 23 und 24 abgegebenen und der Auswerteschaltung 11 zugeführten Signale stellen daher die gesamte, am Körper 21 in Fahrtrichtung wirksame Beschleunigung  $a'$  dar, die sich ergibt aus der Gleichung:

$$a' = a \pm c.$$

Bei stehendem oder mit gleichförmiger Geschwindigkeit fahrendem Fahrzeug 19 ist die am Körper 21 wirkende Eigenbeschleunigung  $c=0$ . Für den Neigungswinkel  $\psi$  ergibt sich dann die Gleichung:

$$\sin \psi = a/g$$

$$(a=a').$$

Beim Beschleunigen oder Abbremsen des Fahrzeugs 19 muß dagegen die dann vom Lagesensor 20 gemessene gesamte Beschleunigung  $a'$  um die Beschleunigung  $c$  korrigiert werden. Die Ermittlung dieser Beschleunigung geschieht in einfachster Weise mit einem Fahrtgeschwindigkeitsgeber 25 oder mit Tachometersignalen. Die Fahrtgeschwindigkeitssignale werden in der Auswerteschaltung auf ein Differenzierglied gegeben, um eine Größe für die Signaländerung und damit für die Eigenbeschleunigung- bzw. Abbremsung  $c$  zu gewinnen. In der Rechenstufe 16 kann aus den so ermittelten Größen der Neigungswinkel  $\psi$  nach der Gleichung:

$$\sin \psi = (a' - c)/g$$

ermittelt werden.

Mit Hilfe des Flußdiagrammes in Fig. 7 soll nun das Verfahren zur Ermittlung der Fahrtrichtung des Fahrzeugs 19 mit der Korrektur von neigungsabhängigen Winkelfehlern näher erläutert werden. Nach dem Start des Programms der Auswerteschaltung 11 wird im ersten Programmschritt 26 geprüft, ob in der Auswerteschaltung 11 bereits eine Kalibriergröße  $E$  gespeichert ist. Sofern das noch nicht der Fall ist, wird in einem Programmabschnitt 27 über die Korrekturstufe 17 der Inklinationwinkel  $\alpha$  des Erdfeldes eingegeben und daraus eine Kalibriergröße  $E$  gebildet, die in der Speicherstufe 14 abgelegt wird. Der Inklinationwinkel  $\alpha$  bzw. der Inklinationwert für den Bereich, in dem das Fahrzeug gefahren wird, kann dabei in einfachster Weise aus einer mit Inklinationslinien versehenen Landkarte entnommen und über Eingabetasten in die Auswerteschaltung 11 eingegeben werden. In einem weiteren Programmabschnitt 28 wird nun mit der Neigungsmeßeinrichtung 12 die gesamte Beschleunigung  $a'$  und die augenblickliche Fahrtgeschwindigkeit  $v$  gemessen und die Werte werden als Meßsignale der Auswerteschaltung 11 zugeführt und dort zwischengespeichert. Im nachfolgenden Programmabschnitt 29 wird mit der Rechenstufe 16 der Auswerteschaltung 11 aus der Funktionsgleichung:

$$\psi = f(a', dv/dt, g)$$

der Neigungswinkel des Fahrzeugs bezüglich seiner Längsachse ermittelt und zwischengespeichert. Dabei

6

wird die Geschwindigkeitsänderung  $dv/dt$  diskret aus der Differenz der gemessenen Geschwindigkeit  $v$  zur zwischengespeicherten vorhergehenden Geschwindigkeit dividiert durch die dafür benötigte Zeit bestimmt. Im nächsten Programmabschnitt 30 wird der vom Sensor 10 gemessene Magnetfeldvektor  $H$  mit den Komponenten  $H_x, H_y$  in die Rechenstufe 15 der Auswerteschaltung 16 eingelesen und im Abschnitt 31 wird aus den in der Speicherstufe 14 abgelegten Werten der Magnetfeld-Ortskurve  $O$ , des Erdfeldes  $H_e$  (Fig. 3) nach der Funktionsgleichung:

$$\varphi' = f(H, H_s, H_e)$$

der nicht korrigierte Richtungswinkel des Fahrzeugs 19 zur Nordrichtung ermittelt. Mit diesem Richtungswinkel  $\varphi'$ , dem gemessenen Neigungswinkel  $\psi$  und der Kalibriergröße  $E$  wird nun im Programmabschnitt 32 in der Rechenstufe 18 nach der Funktionsgleichung:

$$\varphi = f(\varphi', \psi, E)$$

der korrigierte Richtungswinkel für das Fahrzeug 19 ermittelt. Im Programmabschnitt 33 wird nun dieser Wert auf die Anzeige 13 gegeben. Die Anzeige 13 kann dabei nach Art einer Windrose die Fahrtrichtung durch einen Pfeil angeben oder die Fahrtrichtung im Hinblick auf ein vorgegebenes Ziel anzeigen.

Nach der Ausgabe springt das Programm nunmehr wieder auf den Programmabschnitt 18 zurück, in dem erneut zur Ermittlung des Neigungswinkels  $\psi$  die Daten der Neigungsmeßeinrichtung 12 in die Auswerteschaltung 11 eingelesen werden.

Dieser Programmabschnitt sowie die nachfolgenden Programmabschnitte 29 bis 33 werden vom Programm zyklisch durchlaufen, so daß jede Änderung der Fahrtrichtung und der Fahrzeugneigung in der Längsachse erfaßt und die Anzeige entsprechend korrigiert wird.

Mit der Auswerteschaltung 11 nach Fig. 1 ist es auch möglich, auf die Eingabe des Inklinationswinkels zu verzichten und stattdessen mit dem Fahrzeug 19 eine Kalibriermessung vorzunehmen. Zu diesem Zweck wird das Fahrzeug 19 mit der Längsachse auf eine bestimmte Himmelsrichtung, z. B. in Richtung Osten und mit einem bestimmten Neigungswinkel, z. B.  $10^\circ$  aufgestellt. Anstelle der Eingabe des Inklinationswinkels im Programmabschnitt 27 nach Fig. 7 wird dann gemäß Fig. 8 in einem ersten Schritt 27a der Richtungswinkel  $\varphi_0 = 90^\circ$ , den das Fahrzeug zur Nordrichtung einnimmt und der Neigungswinkel  $\psi_0 = 10^\circ$  in die Korrekturstufe 17 der Auswerteschaltung 11 eingegeben. In einfachster Weise kann hierzu eine Kalibriertaste gedrückt werden, wenn das Fahrzeug die vorgegebene Position eingenommen hat. Im nächsten Schritt 27b wird in der Kalibrierstellung des Fahrzeugs 19 vom Sensor 10 das dort wirksame Magnetfeld  $H_0$  gemessen und im Schritt 27c wird von der Rechenstufe 15 aus dieser Meßgröße der Richtungswinkel  $\varphi_0'$  ermittelt und in der Speicherstufe 14 abgelegt. Im Schritt 27d wird nun aus den eingegebenen Daten  $\varphi_0, \psi_0$  und dem gemessenen Richtungswinkel  $\varphi_0'$  in der Korrekturstufe 17 die Kalibriergröße  $E$  nach der Funktionsgleichung:

$$E = f(\varphi_0, \psi, \varphi_0')$$

ermittelt und in der Speicherstufe 14 abgespeichert. Während der Fahrt wird dann die Fahrtrichtung nach dem in Fig. 7 dargestellten Flußdiagramm mit den Pro-

grammabschnitten 28 bis 33 zyklisch ermittelt und angezeigt.

Ein solcher elektronischer Kompaß kann zur Bestimmung der Fahrtrichtung sowohl für Luftfahrzeuge als auch für Wasserfahrzeuge verwendet werden. Außerdem läßt sich der Kompaß nicht nur zur Bestimmung der Fahrtrichtung verwenden, sondern ganz allgemein zur Navigation von Fahrzeugen, die beispielsweise von einem fest vorgegebenen Ausgangspunkt zu einem bestimmten Ziel gesteuert werden sollen. In einem solchen Fall werden beispielsweise die Signale des Fahrtgeschwindigkeitgebers gemeinsam mit der vom Kompaß ermittelten Fahrtrichtung zur Ermittlung des jeweiligen Standortes des Fahrzeugs 19 benutzt. Zusätzlich zur Ermittlung der Fahrzeugneigung bzw. -steigung kann mit einer entsprechend aufgebauten Auswerteschaltung zusammen mit den Wegsignalen auch die jeweiligen Standorthöhe des Fahrzeuges berechnet und angezeigt werden. Zur Nachkalibrierung der Höheninformationen ist jedoch von Zeit zu Zeit ein vorgegebener Höhenstützpunkt einzugeben.

Auch kann anstelle des in Fig. 5 dargestellten Lagesensors 20 ein Pendel oder eine andere Vorrichtung zur Messung der Neigung des Fahrzeugs verwendet werden. Auch kann die Unterlage 22 für den Körper 21 als Drucksensor ausgebildet sein. Dies hätte den Vorteil, daß die Brems- oder Beschleunigungskraft auf diesen parallel zur Fahrbene liegenden Drucksensor nicht einwirkt, eine Änderung des Meßsignals an diesem Sensor daher unmittelbar zur Ermittlung der Fahrzeugneigung verwendet werden könnte. Nachteilig ist jedoch, daß ein solcher Drucksensor gegen Stöße durch Unebenheiten in der Fahrbahn und dgl. abgefedert werden muß.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Korrektur eines Winkelfehlers bei der Ermittlung der Fahrtrichtung eines Fahrzeugs, der durch einen Neigungswinkel des Fahrzeugs in dessen Längsachse bezüglich der Horizontalen hervorgerufen wird, wobei die nicht neigungswinkel-korrigierte Fahrtrichtung mit einem elektronischen Kompaß erfaßt wird, der ein am Fahrzeug fest angeordnetes Magnetometer mit mindestens einer auf einer vorbestimmten Achse ausgerichteten Sonde zur Messung des am Ort des Fahrzeugs herrschenden Magnetfeldes aufweist und der mit einer Auswerteschaltung verbunden ist, in der die mit den von der Sonde in Abhängigkeit von der am Ort des Fahrzeugs herrschenden Richtung des Magnetfeldes H hervorgerufenen elektrischen Signale zur Berechnung der Fahrtrichtung  $\phi$  des Fahrzeugs erfaßt werden, wobei zur Kompensation des von dem Neigungswinkel  $\psi$  des Fahrzeugs hervorgerufenen Winkelfehlers  $\phi$  der Fahrtrichtung  $\psi$  des Fahrzeugs mindestens ein vom Erdmagnetfeld abhängiger Wert als Kalibriergröße E in die Auswerteschaltung eingegeben und gespeichert wird, daß mit einer Meßeinrichtung der Neigungswinkel  $\psi$  des Fahrzeugs ermittelt wird und aus den von der Sonde des Magnetometers an die Auswerteschaltung abgegebenen elektrischen Signalen, der Kalibriergröße E und dem jeweiligen Neigungswinkel  $\psi$  die neigungswinkel-korrigierte Fahrtrichtung  $\phi$  ermittelt wird, dadurch gekennzeichnet,

— daß zur Bildung der Kalibriergröße E als vom Erdmagnetfeld  $H_e$  abhängiger Wert der

Inklinationswinkel  $\alpha$  des Erdmagnetfeldes  $H_e$  am Ort des Fahrzeugs (19) verwendet wird,

— daß der Vektor des am Ort des Fahrzeugs (19) herrschenden Magnetfeldes  $H$  von zwei, parallel zur Fahrzeugebene im Fahrzeug (19) rechtwinklig zueinander angeordneten Sensoren des Magnetometers (Sensor 10) zyklisch gemessen und daraus mittels einer in einem Speicher (Speicherstufe 14), der Auswerteschaltung (11) abgelegten Magnetfeld-Ortskurve O die nicht neigungswinkel-korrigierte Fahrtrichtung  $\phi'$  ermittelt wird,

— daß mit Hilfe der Meßeinrichtung (Neigungsmeßeinrichtung 12) die gesamte in Fahrtrichtung des Fahrzeugs wirksame Beschleunigung  $a'$  sowie die in Fahrtrichtung wirksame Eigenbeschleunigung  $c$  des Fahrzeugs (19) ermittelt und daraus mit der Erdbeschleunigung  $G$  der Neigungswinkel  $\psi$  des Fahrzeugs (19) in der Auswerteschaltung (11) zyklisch berechnet wird, und

— daß anschließend mit der nicht neigungswinkel-korrigierten Fahrtrichtung  $\psi'$ , dem Neigungswinkel  $\psi$  und der Kalibriergröße E nach einer Funktionsgleichung  $\phi = f(\psi \cdot \phi', E)$  die neigungswinkel-korrigierte Fahrtrichtung  $\phi$  in der Auswerteschaltung (11) zyklisch ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Neigungswinkel  $\psi$  in der Auswerteschaltung (11) gemäß der Gleichung  $\sin \psi = (a' - c)/g$  berechnet wird, wobei  $a'$  die gesamte in Fahrtrichtung des Fahrzeugs wirksame Beschleunigung,  $c$  die in Fahrtrichtung wirksame Eigenbeschleunigung des Fahrzeugs (19) und  $g$  die Erdbeschleunigung ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die in Fahrtrichtung wirksame Eigenbeschleunigung  $c$  des Fahrzeugs (19) in der Auswerteschaltung (11) aus der Meßwertänderung ( $dv/dt$ ) eines Fahrtgeschwindigkeitsgebers (25) errechnet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die gesamte in Fahrtrichtung des Fahrzeugs (19) wirksame Beschleunigung  $a'$  mit zwei Drucksensoren (23, 24) gemessen wird, durch die ein im Fahrzeug (19) gelagerter Körper (21) eines Lagesensors (20) der Meßeinrichtung (12) in der Fahrzeuglängsachse  $x$  beidseitig gehalten wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der aus einer mit Inklinationen versehenen Landkarte entnommene Inklinationswinkel  $\alpha$  als Kalibriergröße E über Kalibriertasten in die Auswerteschaltung (11) eingegeben wird.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

FIG.1

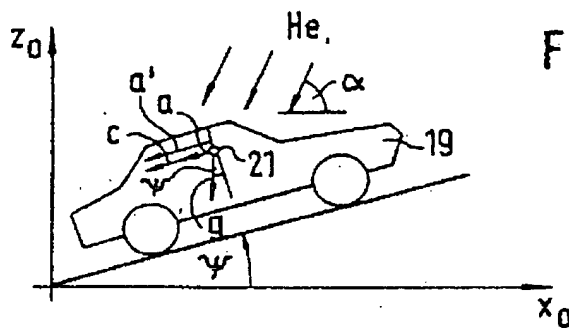
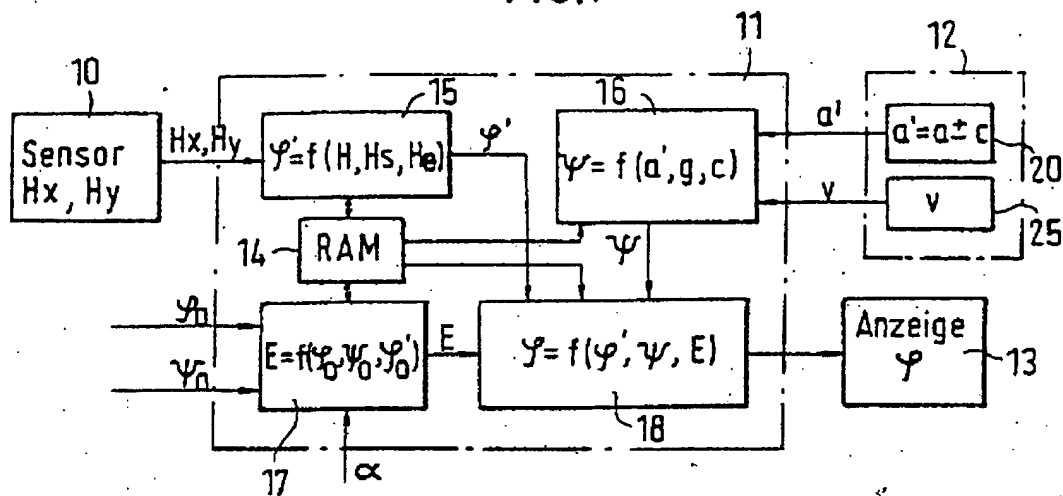


FIG.2

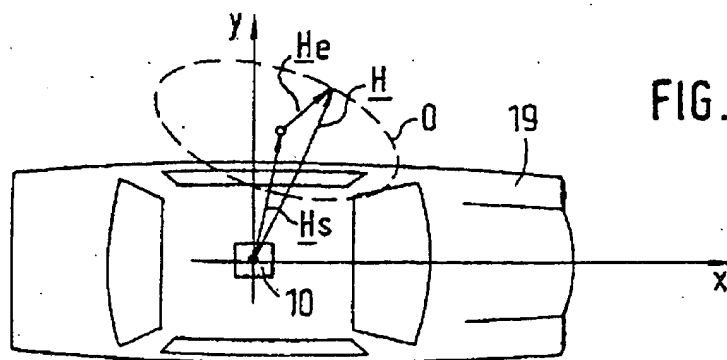
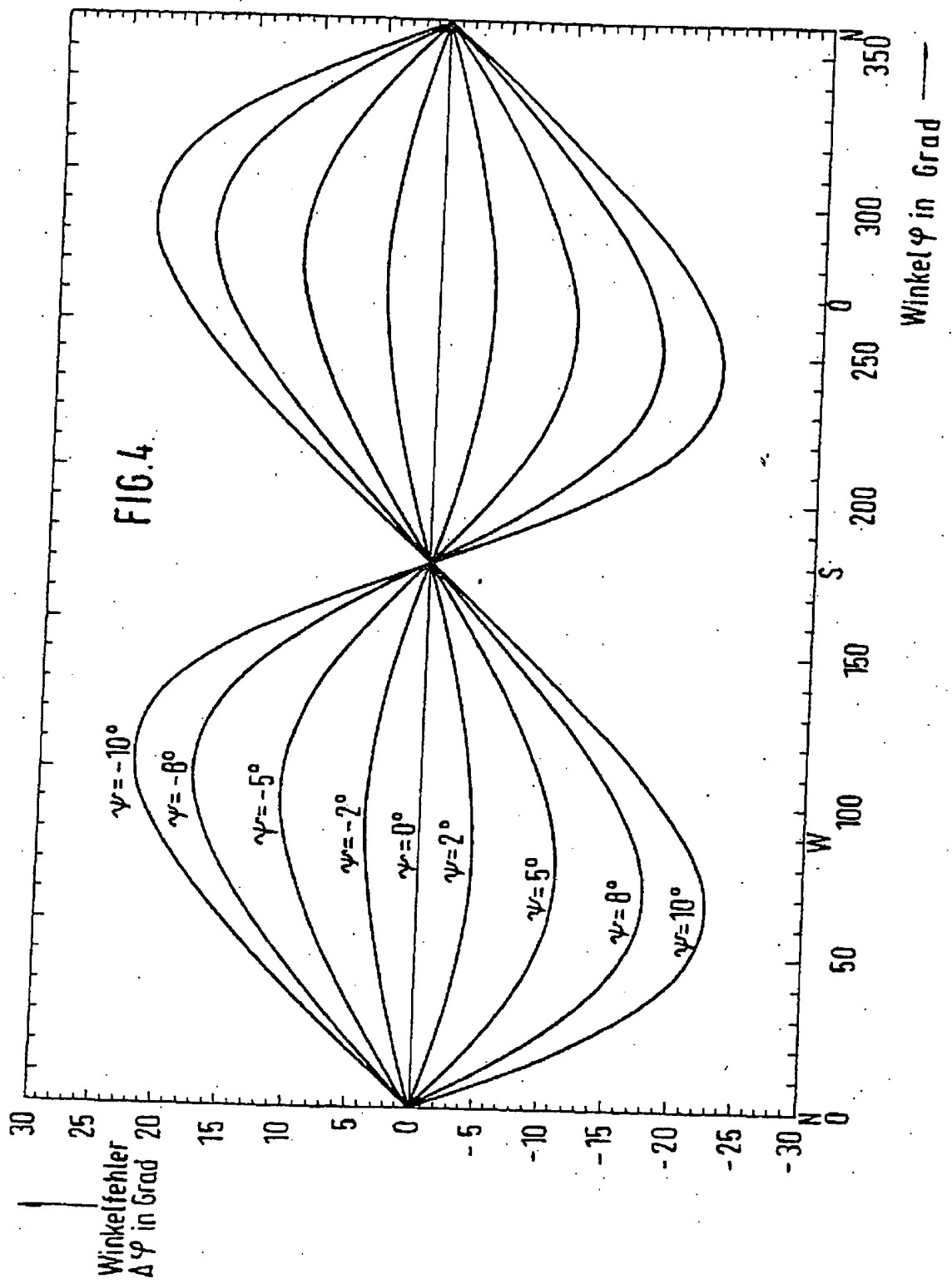
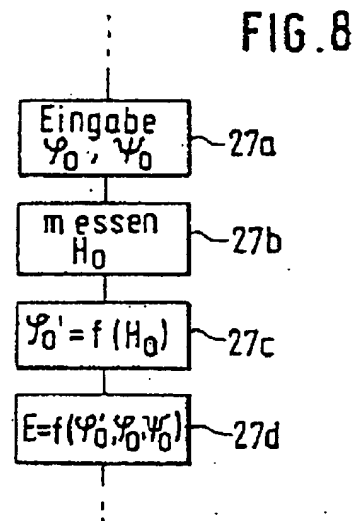
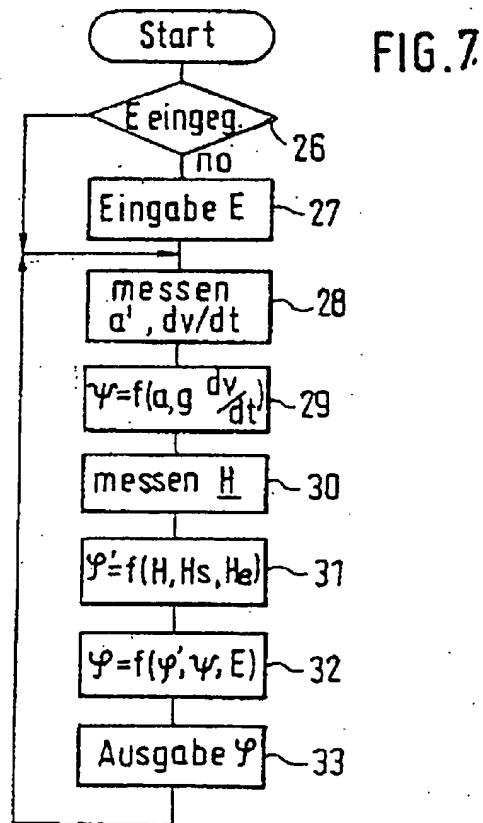
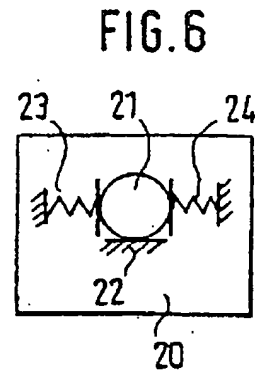
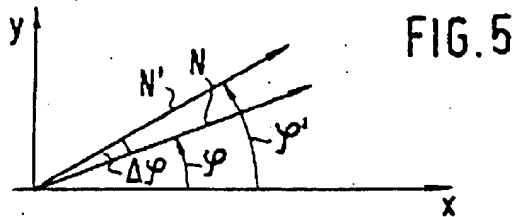


FIG.3

Nummer: DE 34 22 490 C2  
 Int. Cl. 5: G 01 C 17/38  
 Veröffentlichungstag: 4. März 1993







**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**